



Caractéristiques des maraichers, évaluation physico-chimique et bactériologique de la qualité des eaux d'arrosage et d'irrigation des sites de production maraichères à Parakou au Nord du Bénin

Characteristics of market gardeners, physico-chemical and bacteriological assessment of the quality of water used for watering and irrigation at market garden production sites in Parakou, northern Benin.

¹ N'DA TIDO ALI Catherine, ² SANNI Mouftaou AMADOU, ³ AGOSSOU Hippolyte

¹ Laboratoire de Recherche en Sciences de la population et du Développement (LaReSPD), École Nationale de Statistique, de Planification et de Démographie, Bénin, catherine_nda@yahoo.fr

² Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie végétale (LEB), Faculté des sciences Agronomique, Bénin, Université de Parakou,

³ Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie végétale (LEB), Faculté des sciences Agronomique, Bénin, Université de Parakou,

N'DA TIDO ALI Catherine, SANNI Mouftaou AMADOU, AGOSSOU Hippolyte
Caractéristiques des maraichers, évaluation physico-chimique et bactériologique de la qualité des eaux d'arrosage et d'irrigation des sites de production maraichères à Parakou au Nord du Bénin, *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé* 6 (11), 181-196, [En ligne] 2023, URL: <https://retssa-ci.com>

Résumé

Cette étude évalue la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau d'irrigation et d'arrosage utilisée dans la production de légumes à Parakou, au Bénin. L'objectif de l'étude est de fournir des informations sur la qualité de l'eau utilisée dans la production maraichère, les caractéristiques des producteurs de légumes qui peuvent influencer l'utilisation d'une eau de mauvaise qualité et les besoins en renforcement des capacités. L'étude utilise une méthode d'échantillonnage stratifié aléatoire pour sélectionner les producteurs de légumes et les sites de production. Les données sont collectées à travers des enquêtes individuelles et des entretiens de groupe avec les producteurs de légumes. L'étude met en évidence les risques potentiels associés à l'utilisation d'une eau de mauvaise qualité dans la production de légumes, notamment la présence de

pathogènes, de produits chimiques et de métaux lourds.

Les résultats montrent que la majorité des producteurs de légumes sont des hommes (71,27%) âgés de 31 à 40 ans. Les principales sources d'eau pour l'irrigation sont les bassins et les ruisseaux, et la plupart des producteurs utilisent des engrais chimiques. L'eau est distribuée manuellement à l'aide de canettes d'arrosage ou de systèmes d'irrigation à bande perforée. L'analyse de la qualité de l'eau révèle que les échantillons analysés sont non conformes aux normes pour les paramètres de couleur, turbidité et manganèse. Les résultats montrent également la présence de pathogènes, de produits chimiques et de métaux lourds dans l'eau d'irrigation et d'arrosage.

Mots clés : Qualité, eau, arrosage, maraichage, Parakou

Abstract

This study assesses the physicochemical and bacteriological quality of irrigation and watering water used in vegetable production in Parakou, Benin. The objective of the study is to provide valuable information on the quality of water used in vegetable farming, the characteristics of vegetable producers that may influence the use of poor-quality water, and capacity-building needs. The study employs a random stratified sampling method to select vegetable producers and production sites. Data is collected through individual surveys and group interviews with vegetable producers. The study highlights the potential risks associated with the use of poor-quality water in vegetable production, including the presence of pathogens, chemicals, and heavy metals.

The results indicate that the majority of vegetable producers are males (71.27%) aged 31 to 40 years. The main water sources for irrigation are ponds and streams, and most producers use chemical fertilizers. Water is manually distributed using watering cans or perforated strip irrigation systems. Water quality analysis revealed that the analyzed samples do not meet the standards for parameters such as color, turbidity, and manganese. The results also indicate the presence of pathogens, chemicals, and heavy metals in the irrigation and watering water.

Keywords: Water quality, watering, market gardening, Parakou

Introduction

L'agriculture maraîchère joue un rôle crucial dans la sécurité alimentaire et la subsistance des populations dans de nombreuses régions du monde (I. Tiamiyou, 1995, p 4). Au Bénin, en particulier à Parakou, une ville située dans la région nord du pays, l'agriculture maraîchère occupe une place importante dans l'économie locale et fournit une source vitale de nourriture fraîche pour la population environnante. Le climat favorable et la disponibilité de sites de production maraichers font de Parakou une région propice à la production maraîchère (C. Ahouandjinou, 2017, p 9). Les agriculteurs locaux, appelés maraichers, cultivent une variété de légumes et de fruits pour répondre aux besoins de la population locale et des marchés urbains avoisinants (A. M. Nazal, 2017, p 2). Cependant, malgré son importance économique et alimentaire, l'agriculture maraîchère à Parakou est confrontée à plusieurs défis. La qualité de

l'eau utilisée pour l'irrigation et l'arrosage des cultures est l'un de ces défis majeurs. Dans cet ordre d'idée, I. Cissé et al., 2003, p 2 ; M. C. Akogbéto et al., 2005, p 3 ; M. Obopile et al., 2008, p 3 ; O. E. Williamson et al., 2008, p 7 ont documenté dans plusieurs pays d'Afrique tropicale les contraintes liées à la production maraîchère. Il en résulte que les eaux d'irrigation peuvent être contaminées par divers facteurs, tels que les rejets industriels, les eaux usées non traitées et les pratiques agricoles inappropriées, ce qui peut avoir un impact sur la qualité des cultures et potentiellement sur la santé humaine.

L'utilisation répétitive et massive, sans précautions de l'eau de qualité douteuse, dont notamment les eaux usées ou de marécages est préjudiciable aux sols, aux eaux souterraines, à la croissance de la plante, aux produits agricoles récoltés et à la santé humaine (L. Koumolou, 2009, p. 12 ; G. C. Ouikoun, 2019, p. 4 ; F. A. Sotondji, 2019, p. 5). Une eau de mauvaise qualité peut retarder la croissance de la plante, affecter la qualité du produit final et, dans certains cas, entraîner la mort progressive de la plante. La salinité de l'eau peut endommager directement les racines et les feuilles. Une eau caractérisée par une alcalinité élevée peut affecter négativement le pH du substrat et provoquer la mort de la plante (I. S. Akoteyon et A. D. Aromolaran, 2016, p. 3 ; Douiti et al., 2021, p. 3). Smith et al. (2022, p 6), ont démontré que l'eau utilisée dans la production maraîchère peut présenter des niveaux significatifs de contaminants potentiellement dangereux pour la santé humaine. Les résultats de leur recherche ont démontré la présence de micro-organismes pathogènes, tels que

Salmonella spp. et Escherichia coli, dans les sources d'eau utilisées pour l'irrigation des cultures maraîchères. De plus, l'étude de C. Ahoundjinou et al. (2019, p 5) a mis en évidence la présence de résidus de produits chimiques agricoles, notamment des herbicides et des pesticides, dans les échantillons d'eau prélevés dans les zones agricoles. Or, ces contaminants peuvent être transférés aux légumes cultivés et représenter un risque pour la santé humaine si ces légumes sont consommés sans traitement adéquat. De même, les métaux lourds et les résidus de médicaments ont été détectés dans les sources d'eau utilisées dans la production maraîchère, comme l'a rapporté l'étude réalisée par F. Garcia et al. (2021, p 6). Ces constatations mettent en évidence la nécessité d'une attention accrue à la qualité de l'eau utilisée dans la production maraîchère, afin de minimiser les risques sanitaires associés à la consommation de légumes contaminés par ces contaminants (B. B. Bechairia, 2022, p. 4).

Cette étude vise donc à fournir des informations précieuses sur la qualité de l'eau d'arrosage et d'irrigation sur les sites de production maraîchers de Parakou, sur les caractéristiques des maraîchers qui peuvent influencer l'usage de l'eau de qualité douteuse ainsi que les besoins en renforcement de capacité de ces maraîchers.

1-MATERIEL ET METHODES

1.1 Milieu d'étude

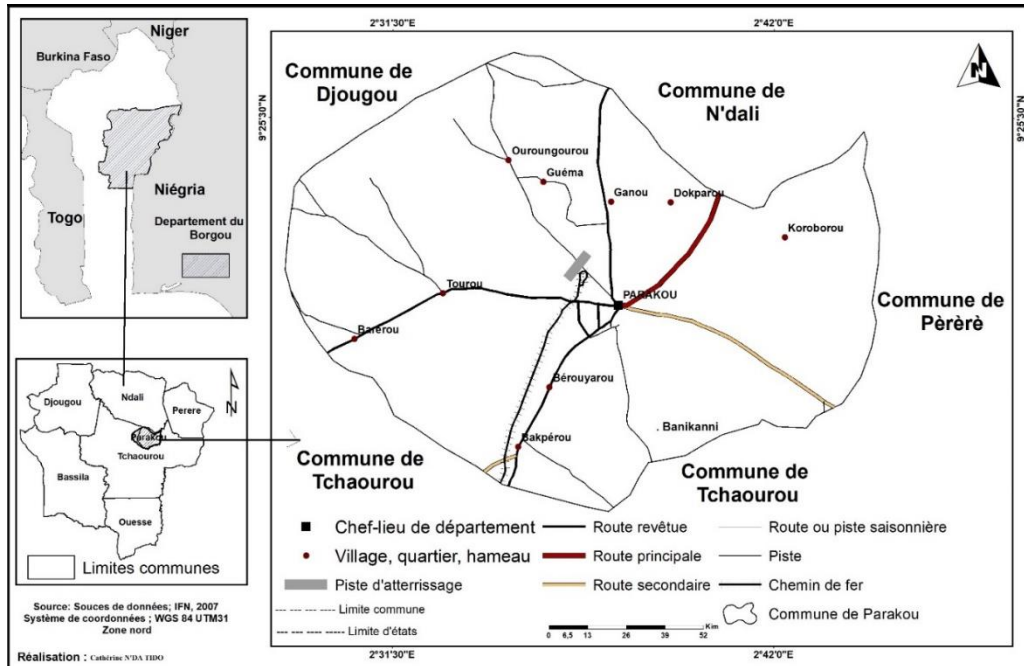
La présente étude a été menée dans la commune de Parakou, située dans le Nord du Bénin. Parakou est caractérisée par un climat de type tropical, avec une saison des pluies de mai à octobre et une

Caractéristiques des maraichers, évaluation physico-chimique et bactériologique de la qualité des eaux d'arrosage et d'irrigation des sites de production maraichères à Parakou au Nord du Bénin

saison sèche de novembre à avril. La région est connue pour sa production maraichère intensive, qui fournit des légumes frais à la fois pour la consommation locale et pour les marchés urbains environnants. Cette zone de production est située dans la zone agroécologique du Centre-Nord. L'étude a été effectuée sur les sites maraichers de ladite commune. Elle se trouve entre la commune de N'Dali au Nord et Tchaourou au Sud. Elle est localisée entre les parallèles 9°15' et 9°27' de latitude Nord et les méridiens 2°30' et 2°46' de longitude Est. Estimé à 441 Km², sa superficie fait d'elle la plus petite commune du département, mais dotée d'énormes potentialités. Elle est limitée au Nord par la commune de N'Dali, au sud, à l'Est et à l'Ouest par la commune

de Tchaourou (figure 1). Au plan démographique, Parakou ne cesse de croître. Elle est passée de 103 577 habitants en 1992 (Akomagni & Guidibi, 2006, p. 8) à 255 478 habitants en 2013 (RGPH 4, INSAE, 2016, p. 5) soit une densité moyenne de 579 habitants au Km² dont les ¾ sont installés en zone urbanisée. Du fait de la forte migration, on rencontre une grande diversité d'ethnies dont les plus présentes sont les Baribas (31,87%), les Fons (15,96%), les Yorubas (13,92%) et les Dendis (12,61%) (CARDER, 2013). Ce sont ces différentes ethnies à l'exception des yorubas qui occupent la grande partie des bas-fonds de Parakou pour la production maraichère. La figure 1 indique la situation géographique de la commune d'étude.

Figure 11 : Carte de la situation géographique de la commune de Parakou



Réalisation : Nda Tido, 2023

1.2 Matériel d'étude

Le matériel utilisé dans le cadre de cette étude est constitué d'un appareil photographique numérique reflexe (Nikon D5000, objectif : 18-200mm) pour la prise de photos sur le terrain. Un GPS (MapSource Garmin GPSmap 60CSx) a été utilisé pour relever les coordonnées géographiques des sites de production maraîchers. De plus, un questionnaire virtuel a été utilisé sur la plateforme Kobotoolbox (www.kobotoolbox.org) pour recueillir les informations nécessaires auprès des agriculteurs.

1.3 Échantillonnage

1.3.1 Sélection des maraîchers et sites de production

Pour cette étude, un échantillonnage aléatoire stratifié a été utilisé pour sélectionner les maraîchers et les sites de production. Les maraîchers ont été sélectionnés en tenant compte de critères tels que la taille de l'exploitation, la diversité des cultures et l'expérience dans le domaine de l'agriculture maraîchère. Les sites de production ont été choisis de manière à représenter différents quartiers ou zones géographiques de Parakou.

La taille de l'échantillon a été calculée par la formule de Schwartz ($N = Z\alpha^2 P[1-P] / i^2$) avec une couverture de cible (P) estimée à 50 %, pour un écart réduit ($Z\alpha$) de 1,96 pour $\alpha=5\%$ et une précision (i) de 0,05. Ainsi la taille calculée N était de 98, en tenant en compte du taux de refus et pour plus de puissance, la taille a été portée à un minimum de 100 individus. Un sondage aléatoire stratifié à deux degrés avait été réalisé.

1.3.2 Sélection des sites pour l'enquête

Les sites retenus à partir de l'étude exploratoire respect les critères suivants :

- L'accès à l'eau : les sites sont retenus de manière à inclure différentes sources d'eau comme les rivières, les barrages, les puits, les marres et les forages ;
- Le type d'arrosage : manuel à partir de puits et canes, gravitaire à partir de pompage et tuyaux ;
- L'importance du site : ce critère prend en compte le nombre de producteurs exerçant dans la zone et de la superficie emblavée ;
- Les types de production maraîchère (la saisonnalité ou la permanence des activités maraîchères par site) ;
- Le type de légume cultivé : légumes-feuilles et fruits de cycle court (un mois), légumes-feuilles et fruits de cycle long (deux à trois mois), légumes africains, légumes tempérés.

1.4 Collecte des données

Des enquêtes individuelles (F. Sinarinzi et T. Nisabw, 1999, p.11), complétées par des entretiens en focus groups sont conduites auprès de maraîchers installés sur les sites de productions et présents pendant la période d'enquête. Sur chaque site d'exploitation, le questionnaire d'enquête est adressé au chef d'exploitation ou à son représentant selon Kanda et al. (2013, p. 2). Cette approche permet de mieux appréhender les connaissances, les attitudes, les pratiques et perceptions des groupes ciblés par rapport aux questions posées Dawson et al. (1995, p. 2).

Les données collectées sont les suivantes :

- Les caractéristiques socio-économiques et sociodémographiques des producteurs (sexe, âge, niveau d'instruction, type de formation, nombre d'années d'expérience, nombre d'actifs agricoles) ;
- Les caractéristiques des différentes exploitations (espèces et variétés de plantes cultivées, la taille de l'exploitation, les techniques d'accès à l'eau, les types de source d'eau, le rendement, le mode d'arrosage, d'acquisition de la parcelle, la méthode d'irrigation etc.) ;
- Les contraintes de production relatives aux cultures maraichères.

1.5 Analyse de la qualité de l'eau

Des échantillons d'eau ont été prélevés sur les sites urbains et périurbains sélectionnés pour les enquêtes, à savoir Baka, Nima et Titirou. Au sein de chaque site, les échantillons ont été collectés à partir des différentes sources d'eau dans des sachets plastiques de type Whirl-pak. Ces échantillons ont ensuite été conservés dans une chambre froide équipée d'accumulateurs de froid, puis transportés le jour même au laboratoire de la Direction Départementale de la Santé du Borgou, où ils ont été soumis à des analyses physiques, chimiques, bactériologiques et parasitaires. Les coordonnées des points de prélèvement ont été géoréférencées afin de produire une carte de localisation des échantillons.

Les paramètres physiques et chimiques suivants ont été mesurés :

- La conductivité électrique (CE) : mesure de la capacité de l'eau à conduire l'électricité, qui est liée à la présence de sels dissous.
- Le pH : mesure de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau, indiquant son niveau d'acidité ou de basicité.
- La température (T) : mesure de la chaleur de l'eau, qui peut influencer plusieurs processus chimiques et biologiques.
- La couleur : évaluation visuelle de la teinte de l'eau, qui peut être liée à la présence de substances dissoutes.
- Le taux de chlorures (Cl⁻) : mesure de la concentration de chlorures dans l'eau, qui peut provenir de sources naturelles ou anthropiques.
- Le taux de bicarbonate (HCO₃⁻) : mesure de la concentration de bicarbonates dans l'eau, qui est importante pour l'équilibre chimique de l'eau.
- Le taux de calcium (Ca), sodium (Na), carbonate, et magnésium (Mg) : mesures des concentrations de ces ions présents dans l'eau, qui jouent un rôle dans la composition minérale de l'eau.
- Le potassium (K) : mesure de la concentration de potassium dans l'eau, qui est un nutriment essentiel pour la croissance des plantes.
- Le taux de sulfate (SO₄²⁻) : mesure de la concentration de sulfates dans l'eau, qui peut provenir de sources naturelles ou anthropiques.
- L'alcalinité : mesure de la capacité de l'eau à neutraliser les acides, indiquant son niveau de minéralisation.

Ces analyses permettent de caractériser la composition physico-chimique des échantillons d'eau prélevés, fournissant

ainsi des informations essentielles sur la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation et l'arrosage sur les sites de production maraîchers étudiés.

1.5.1 Analyse bactériologique

L'analyse bactériologique a été effectuée par le laboratoire de la Direction Départementale de la Santé (DDS) du Borgou, afin de détecter la présence de différents types de bactéries. Les paramètres bactériologiques évalués comprennent les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques totaux et fécaux, ainsi que les *Escherichia coli*.

Pour réaliser ces analyses, plusieurs méthodes ont été mises en œuvre. La méthode de filtration a été utilisée pour concentrer les échantillons d'eau, permettant ainsi de détecter les bactéries présentes. Ensuite, les échantillons ont étéensemencés directement sur des milieux de culture appropriés. Les milieux de culture utilisés comprennent le Chapman Ttc Agar et le Salnetz Agar Base, qui favorisent la croissance des bactéries ciblées.

Une fois les échantillonsensemencés, des techniques de dénombrement ont été appliquées pour estimer la concentration des bactéries présentes. Ces techniques permettent d'évaluer la quantité de bactéries dans les échantillons d'eau, ce qui est essentiel pour déterminer la qualité bactériologique de l'eau d'arrosage et d'irrigation.

1.5.2 Indices de qualité des eaux

Quatre indices sont utilisés pour apprécier la qualité de l'eau. Il s'agit du ratio de Kelly (KR), le ratio de magnésium (MR), le pourcentage de sodium (% Na) et le ratio d'absorption de

sodium (SAR). Les équations suivantes sont utilisées pour calculer ces indices :
KR= Na / Ca+Mg selon Kelly (1963),
MR= Mg / Ca + Mg x 100 selon Szabolcs et Darab (1964),

%Na= Na+K / Ca +Mg + Na + K x100 selon Todd et Mays (1995),

SAR= Na / $\sqrt{(Ca + Mg) / 2}$ selon Richards (1954), où Na=sodium, Ca=calcium, Mg=magnésium, K=potassium. Toutes les concentrations sont en milliéquivalent par litre (meq/L).

1.5.2 Indication des fonctions de chaque indice utilisé

Le ratio de Kelly (KR) est un indicateur de l'équilibre cationique de l'eau, qui mesure la proportion de sodium (Na) par rapport au calcium (Ca) et au magnésium (Mg). Un KR élevé indique une dominance de Na dans l'eau, ce qui peut avoir des impacts négatifs sur les sols et les cultures.

Le ratio de magnésium (MR) est un indicateur de la dureté de l'eau, qui mesure la proportion de Mg par rapport au Ca et au Mg. Un MR élevé peut indiquer une eau plus dure, qui peut poser des problèmes pour certains usages, comme le lavage du linge.

Le pourcentage de sodium (% Na) est un indicateur de la salinité de l'eau, qui mesure la proportion de Na et de potassium (K) par rapport au Ca, Mg, Na et K. Un % Na élevé peut indiquer une eau plus salée, ce qui peut poser des problèmes pour certains usages, comme l'irrigation.

Le ratio d'absorption de sodium (SAR) est un autre indicateur de la salinité de l'eau, qui mesure la proportion de Na par rapport à la racine carrée de la moyenne de Ca et Mg. Un SAR élevé peut indiquer

Caractéristiques des maraichers, évaluation physico-chimique et bactériologique de la qualité des eaux d'arrosage et d'irrigation des sites de production maraichères à Parakou au Nord du Bénin

une eau plus salée, qui peut poser des problèmes pour certains usages, comme l'irrigation.

Ces indices fournissent des indications générales complémentaires de la qualité de l'eau suite aux analyses de laboratoire.

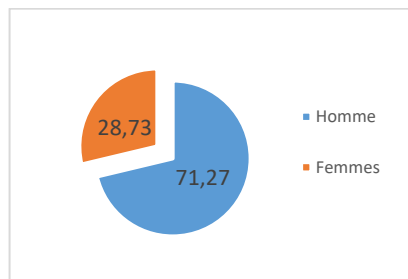
2. RÉSULTATS

2.1. Caractéristiques sociodémographiques des producteurs

2.1.1 Proportion de maraichers enquêtés par sexe

La figure 2 indique la répartition des maraichers interviewés selon le genre. Ainsi, plus de la moitié des enquêtés (71,27%) des maraichers appartiennent au genre masculin (hommes). On note donc une faible représentation de la gent féminine (28,73%) dans le rang des acteurs qui assurent la production maraichère à Parakou. Ce constat s'explique d'une part par l'usage de force physique que nécessitent certaines activités du maraichage notamment l'entretien des exploitations dont il est souvent difficile pour les femmes de déployer. Par ailleurs, cette activité nécessite une présence quasi permanente dans les exploitations, or elles sont les principales responsables des activités domestiques nécessitant aussi des exigences. Partant de ces constats, il convient de dire que peu de femmes (28,73%) s'adonnent effectivement à cette activité.

Figure 2 : Proportion des maraichers interviewés selon le sexe

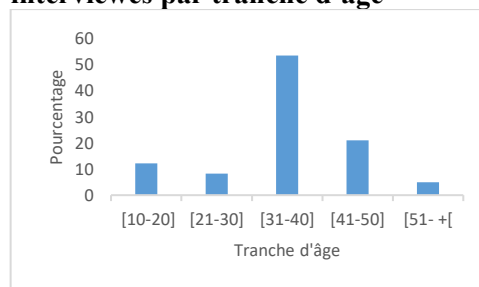


Sources : Données de terrain, Nda Tido, 2023

2.1.2 Proportion de maraichers enquêtés selon les tranches d'âge

Pratiqué par un large panel de tranche d'âge (Figure 3), le maraichage réunit à Parakou des familles tout entière qui en font leur activité permanente. Plus de la moitié des maraichers de la cité des Kobourou (53, 5%) sont dans la tranche d'âge de [31-40]. La prédominance de cette catégorie d'âge est un signe qui explique le chômage qui règne au sein de cette tranche d'âge. Le maraichage permet à nombre de chef de ménage de subvenir aux besoins quotidiens de la famille. Cette l'une des preuves de la contribution de ce secteur d'activité aux différentes mesures prises par les jeunes pour faire face au chômage.

Figure 3 : Proportion des maraichers interviewés par tranche d'âge

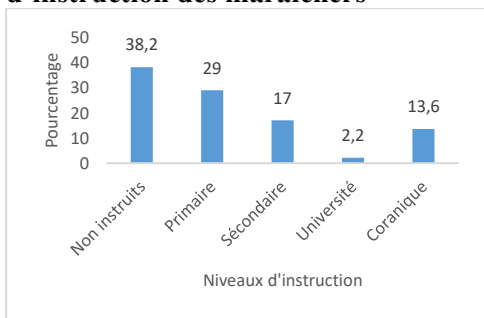


Source : Données de terrain, Nda Tido, 2023

2.1.3 Proportion de maraichers enquêtés selon le niveau d'instruction

Les données recueillies de l'enquête (Figure 4) indiquent que 38,2 % des maraichers n'ont pas été à l'école (Ne sont pas instruits). Mais, environ 48 % sont instruits à l'école française selon les niveaux fréquentés. Ainsi, l'école primaire (29 %), secondaire (17 %) et universitaire (2,2 %) et une partie (13,6 %) sont passés par l'école coranique. Contre un taux d'illettré de 38,2 %. Ce taux de producteur de 38,2 % est donc analphabète par conséquent ne peut pas lire ni écrire. Cette dernière catégorie peut être un risque potentiel pour les consommateurs car ne pouvant a priori pas respecter le dosage des produits agrochimiques.

Figure 4 : Proportion niveau d'instruction des maraichers



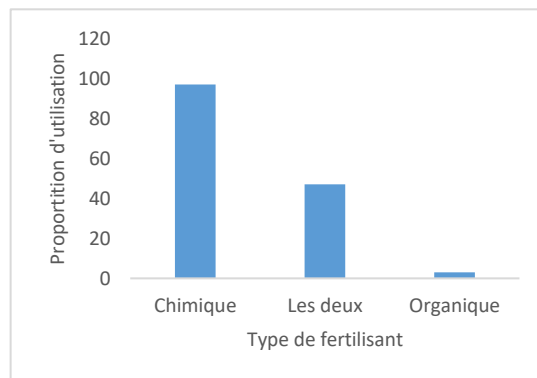
Source : Données de terrain, Nda Tido, 2023

2.2 Gestion de la fertilisation du sol

La gestion de la fertilité des sols pour assurer la nutrition des cultures est assurée par un apport de fertilisant minéral et/ou organique. La figure 5 présente les proportions d'usage des deux types de fertilisants utilisés sur

les sites de maraichers de Parakou. Il en ressort que le fertilisant chimique est utilisé sur 97 % des sites maraichers de la commune de Parakou. On note également une utilisation des bourses de vache, des déjections de petits ruminants, des fientes de volailles et des déchets mélangés aux graines de coton. Ces engrais sont appliqués aux cultures soit à la volée ou par poquet. Le mode de la fertilisation à la volée est le plus pratiqué par les maraichers sur la plupart des sites. Pour les fertilisants chimiques utilisés en guise d'apport en nutriments des cultures maraichères dans la commune de Parakou, on a l'urée et le NPK (14 18 18) soit séparément ou par endroit appliqués de façon combinés sur les différentes cultures. Ils sont aussi apportés à la volée ou en poquet ou par méthode foliaire. L'application au poquet est le mode le plus utilisé.

Figure 5 : Proportion d'utilisation des fertilisants



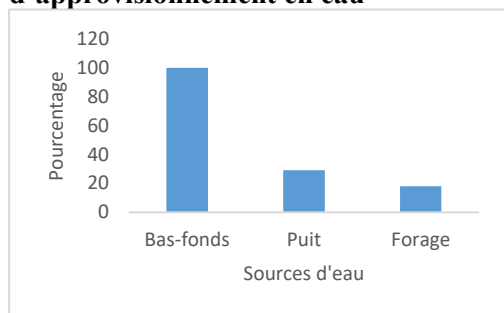
Sources : Données de terrain, Nda Tido, 2023

2.3 Sources d'approvisionnement en eau sur les sites maraichers

Caractéristiques des maraichers, évaluation physico-chimique et bactériologique de la qualité des eaux d'arrosage et d'irrigation des sites de production maraichères à Parakou au Nord du Bénin

Les sources d'eau utilisée pour l'arrosage des cultures sur les sites maraichers sont les eaux de basfond et de marigots comme l'indique la figure 6. On retrouve sur certains sites l'usage de sources d'eaux souterraines comme les puits et les forages. Les eaux de basfond sont utilisées sur tous les sites de la ville. Les forages (18%) et les puits (29%) sont utilisés sur quelques sites. Le système de distribution d'eau aux parcelles de production se fait manuellement avec les arrosoirs (majoritairement) ou l'installation de systèmes d'irrigation en bande perforées pour quelques-uns des maraichers.

Figure 6 : Source d'approvisionnement en eau



Sources : Données de terrain, Nda Tido, 2023

2.4 Qualité des eaux

2.4.1 Analyses physico-chimique des échantillons

Les échantillons analysés sont non conformes au plan physico-chimique car ne respectant pas les valeurs normales ainsi définis pour les paramètres : couleur, turbidité et manganèse. Les résultats, indiquent que certains paramètres dépassent les normes de référence, ce qui peut indiquer des problèmes potentiels de qualité de l'eau dans certains sites (Nima et Banikanni). Il serait nécessaire d'approfondir l'analyse et de prendre des mesures appropriées pour remédier aux anomalies observées, notamment en ce qui concerne la dureté totale, le pH, la conductivité électrique et la salinité. Le tableau 1 résume les résultats de l'analyse Physico-chimique réalisée au laboratoire de la Direction Départementale de la Santé du Borgou.

Tableau 1 : Récapitulatif des valeurs des paramètres physico-chimiques enregistrées après analyse des échantillons

Paramètre	Site de Titirou	Site de BAKA	Site de NIMA	Site de Banikanni derrière SONEB	Normes
Dureté totale	212	140	200	72	400
Potentiel d'hydrogène (pH)	6.1	5.42	6.78	7.3	6.5- 8.5
Conductivité Electrique (CE)	627	128	427	126	2000
Température (°C)	25.77	28.12	19.78	27.4	25°
Salinité	0/0	50	40	30	0/0
Couleur	520	930	70	580	15
Turbidité	36.6	30.5	24.40	18.30	05
Carbonate	36.6	30.5	24.40	18.30	
Chlorures (CL⁻)	106.5	42.6	42.6	28.4	250
Manganèse (Mn)	42	36	74	12	0.05

Paramètre	Site de Titirou	Site de BAKA	Site de NIMA	Site de Banikanni derrière SONEB	Normes
Calcium (Ca ²⁺)	68.136	41.613	50.50	24.05	100
Magnésium (Mg ²⁺)	10.21	08.75	17.99	02.92	50

Sources : Résultats d'analyse des prélèvements de terrain, Nda Tido, 2023

2-2 Analyses microbiologiques des échantillons d'eau prélevés

Partant des résultats récapitulés dans le tableau 2, les puits à grands diamètre des sites de Banikanni dont les résultats (paramètre **E. COLI**) respectent les normes telles que définies par L'OMS, le décret fixant les normes sur la qualité de l'eau et le code de l'eau en république du Bénin, les reste des échantillons sont non conformes aux spécifications et paramètres pris en référence selon les échantillons soumises à l'essaies. La forte présence des germes indicateurs de pollution d'origine fécale dans ces eaux

utilisées pour le maraichage s'explique par le fait que les coliformes thermotolérants (fécaux) et *E. coli* sont toujours présents dans l'intestin des humains et des animaux à sang chaud et ils sont éliminés en grande quantité dans les matières fécales. Les principales sources environnementales de coliformes thermotolérants (fécaux) et de *E. coli* sont les rejets d'eaux usées domestiques, municipales et parfois industrielles. Les activités agricoles reliées à l'épandage ou à l'entreposage des fumiers et des lisiers peuvent être à l'origine de pollution microbiologique.

Tableau 2 : Résultats des valeurs indiquant la présence /ou non des germes dans les échantillons

N°	Echantillons	Résultats	Normes	Résultats	Normes	Résultats	Normes
	Paramètre	E. coli		Coliforme Fécaux		Germes barneaux	
01	Site Banikanni derrière SONEB	3800/100mL	00/100mL	6100/100mL	00/100 mL	17000/100 mL	20/100 mL
02	Site de BAKA	2700/100mL	00/100mL	39800/100mL	00/100 mL	70800/100 mL	50/100 mL
03	Site de NIMA	1000/100mL	00/100mL	12300/100mL	00/100 mL	5700/100 mL	50/100 mL
04	Site TITIROU derrière Abattoir	TNI	00/100mL	TNI	00/100 mL	TNI	50/100 mL
05	Site de Banikanni Puits	00/100mL	00/100mL	5300/100mL	00/100 mL	3200/100 mL	50/100 mL
06	Site de Banikanni Forage (PEA)	200/100mL	00/100mL	11/100mL	00/100 mL	37/100 mL	50/100 mL
07	Site Banikanni Puits	00/100mL	00/100mL	1800/100mL	00/100 mL	200/100 mL	00/100 mL

Sources : Résultats d'analyse des prélèvements de terrain, Nda Tido, 2023

3-Indices de qualité des eaux

3-1 Indice de la qualité des eaux du Site Titirou

Les valeurs obtenues et consignées dans le tableau 3 indiquent que les concentrations de sodium, calcium et magnésium sont relativement faibles dans l'eau du site de

Titirou, ce qui est positif pour la qualité de l'eau. Cependant, la dureté totale est assez élevée (212), ce qui peut causer des problèmes pour certaines utilisations de l'eau. La conductivité électrique (627) est également assez élevée, ce qui peut indiquer une présence de sels dissous dans l'eau. Enfin, la présence de chlorures (106.5) est également assez élevée, ce qui peut indiquer une pollution d'origine humaine ou animale. De plus, les valeurs obtenues pour KR et %Na sont relativement faibles, ce qui indique que la concentration de sodium dans l'eau est peu élevée et que la qualité de l'eau est acceptable pour l'irrigation. Cependant, la valeur de RM est assez élevée, ce qui peut indiquer une tendance à l'accumulation de magnésium dans le sol. En outre, le SAR est également de 0, ce qui peut indiquer que l'eau est susceptible de ne pas être durable pour l'irrigation sur le long terme. En général, il est important de noter que l'irrigation avec de l'eau contenant des niveaux élevés de sels, tels que le magnésium, peut affecter négativement la qualité des produits de maraîchage. Les légumes et les fruits cultivés dans de telles conditions peuvent être affectés par des maladies, des retards de croissance, une diminution de la qualité et de la quantité des rendements. Donc une gestion appropriée de l'eau d'irrigation du site de Titirou et des pratiques culturales est nécessaire pour maintenir une production saine et durable.

Tableau 3 : Valeurs des indices pour le site de Titirou

Equation	Référence	Valeur
$KR = Na / Ca + Mg$	Kelly (1963)	0 meq/L
$R = Mg / Ca + Mg \times 100$	Szabolcs et Darab (1964)	13,03 %
$\%Na = Na + K / Ca + Mg + Na + K \times 100$	Todd et Mays (1995)	0 %
$SAR = Na / \sqrt{(Ca + Mg) / 2}$	Richards (1954)	0 meq ^{1/2} /L ^{1/2}

Sources : Résultats d'analyse des prélèvements de terrain, Nda Tido, 2023

3-2 Indice de la qualité des eaux du Site Baka

Les données du tableau 4 nous montre dans l'ensemble que les valeurs des indices pour le site de Baka indiquent que le sol est à faible risque de salinisation, de magnésium et de sodicité, et donc potentiellement apte à la culture. Cependant, il est important de noter que d'autres facteurs tels que la texture du sol, la profondeur de l'eau souterraine et la disponibilité des éléments nutritifs doivent également être pris en compte avant de prendre une décision concernant la culture. De plus, les valeurs des indices de ce site ne dépassent pas les normes recommandées pour la qualité de l'eau de consommation. Par conséquent, il est peu probable qu'ils aient des effets négatifs sur la santé des consommateurs.

Tableau 4 : Valeurs des indices pour le site de Baka

Equation	Référence	Valeur
$KR = Na / Ca + Mg$	Kelly (1963)	1,04 meq/L
$R = Mg / Ca + Mg \times 100$	Szabolcs et Darab (1964)	95,93 %
$\%Na = Na + K / Ca + Mg + Na + K \times 100$	Todd et Mays (1995)	20,67 %
$SAR = Na / \sqrt{(Ca + Mg) / 2}$	Richards (1954)	19,02 meq ^{1/2} /L ^{1/2}

Sources : Résultats d'analyse des prélèvements de terrain, Nda Tido, 2023

3-3 Indice de la qualité des eaux du Site Nima

Tout d'abord, les valeurs de dureté totale, de pH, de conductivité électrique et de chlorures comme l'indique le tableau 5 sont inférieures aux normes recommandées, ce qui est bénéfique pour la production maraîchère. Cependant, il est important de noter que ces normes peuvent varier en fonction des types de légumes cultivés. En ce qui concerne les paramètres liés à la salinité (SAR, %Na), les valeurs semblent

élevées, ce qui peut avoir un impact négatif sur la production maraîchère et la santé des consommateurs. Enfin, les valeurs de manganèse semblent être inférieures à la norme recommandée, ce qui peut avoir un impact négatif sur la croissance des plantes et la qualité des légumes produits. Cependant, les valeurs de calcium et de magnésium semblent être dans la plage recommandée, ce qui est important pour

une croissance saine des plantes et la qualité des légumes produits. En résumé, les valeurs de ces paramètres peuvent avoir des implications importantes pour la production maraîchère et la santé des consommateurs, mais il est important de prendre en compte les normes spécifiques pour votre région et les types de légumes cultivés avant de tirer des conclusions définitives.

Tableau 5 : Valeurs des indices pour le site de Nima

Equation	Référence	Valeur
$KR = Na / Ca + Mg$	Kelly (1963)	0,19 meq/L
$R = Mg / Ca + Mg \times 100$	Szabolcs et Darab (1964)	42,6 %
$\%Na = Na + K / Ca + Mg + Na + K \times 100$	Todd et Mays (1995)	23,2 %
$SAR = Na / \sqrt{(Ca + Mg) / 2}$	Richards (1954)	17,2 meq ^{1/2} /L ^{1/2}

Sources : Résultats d'analyse des prélèvements de terrain, Nda Tido, 2023

3-4 Indice de la qualité des eaux du Site Banikanni (derrière SONEB)

D'après les résultats du site de Banikanni (derrière SONEB), on peut remarquer que la dureté totale (72), la conductivité électrique (126) et les chlorures (28,4) sont inférieurs aux normes qui sont respectivement de 400, 2000 et 250 (tableau 6). En revanche, la concentration de manganèse (12), bien que supérieure à la norme (0,05), aura d'effet sur la santé des consommateurs (probables affection à la longue, effets neurologiques et comportementaux, des troubles de mémoire, d'attention et de motricité.)

Cependant, la concentration de calcium (24,05) et de magnésium (2,92) est

relativement élevée. Ce résultat peut conduire à une augmentation de la dureté de l'eau et à la formation de dépôts calcaires dans les canalisations, notamment en cas d'utilisation de cette eau pour l'irrigation de cultures maraîchères. De plus, la présence de sodium peut affecter la structure du sol et réduire sa capacité de rétention d'eau, ce qui peut avoir un impact négatif sur la production maraîchère.

En conclusion, bien que la plupart des paramètres mesurés pour le site de Banikanni (derrière SONEB) respecte les normes de qualité de l'eau, certaines valeurs élevées peuvent avoir un impact sur la santé des consommateurs et la production maraîchère. Il est donc important de surveiller régulièrement la qualité de l'eau.

Tableau 6 : Valeurs des indices pour le site de Banikanni (derrière SONEB)

Equation	Référence	Valeur
$KR = Na / Ca + Mg$	Kelly (1963)	0,13 meq/L
$R = Mg / Ca + Mg \times 100$	Szabolcs et Darab (1964)	10,83 %
$\%Na = Na + K / Ca + Mg + Na + K \times 100$	Todd et Mays (1995)	2,69 %
$SAR = Na / \sqrt{(Ca + Mg) / 2}$	Richards (1954)	0,15 meq ^{1/2} /L ^{1/2}

Sources : Résultats d'analyse des prélèvements de terrain, Nda Tido, 2023

3. Discussion

La présente étude met en évidence l'importance des paramètres qui régissent la production maraîchère dans la ville de Parakou, notamment les caractéristiques des producteurs impliqués et la qualité de l'eau utilisée sur les sites maraîchers. Les caractéristiques sociodémographiques des maraîchers jouent un rôle essentiel dans l'évaluation du processus de production. Selon A. M. Nazal et al. (2017, p.6), ces caractéristiques permettent d'évaluer la capacité des maraîchers à respecter les dosages des produits agrochimiques et les itinéraires techniques.

Dans cette étude, on constate que plus de la moitié (71,27 %) des maraîchers sont des hommes. En ce qui concerne le niveau d'instruction, 38,2 % des maraîchers n'ont pas été scolarisés, ce qui signifie qu'ils ne savent ni lire ni écrire. Cependant, 61,8 % des maraîchers ont reçu une éducation de différents niveaux, allant du primaire (29 %) au secondaire (17 %) et même supérieur (2,2 %). De plus, 13,6 % des maraîchers ont suivi une éducation coranique. Cette répartition des maraîchers selon leur niveau d'instruction peut avoir une incidence sur leur capacité à mettre en œuvre les bonnes pratiques agricoles, en ce qui concerne l'utilisation d'eau de qualité douteuse.

Des études antérieures réalisées dans la même région ont également montré des

résultats similaires concernant la qualité de l'eau utilisée en agriculture. Par exemple, Mbaye (2009, p. 11) a constaté que certains sites de production maraîchère utilisaient des eaux de qualité acceptable, conformes aux normes établies. Cependant, ces résultats ne peuvent pas être généralisés à tous les sites de production de la ville de Parakou.

En revanche, d'autres études ont révélé des résultats différents. O. S. Nzung'a, (2018, p. 11) ont mené une étude similaire dans une région du Kenya et ont constaté que la plupart des échantillons d'eau prélevés sur les sites maraîchers étaient non conformes aux normes en termes de qualité physico-chimique et bactériologique. Ces résultats mettent en évidence la variabilité de la qualité de l'eau utilisée dans la production maraîchère, même au sein d'une même région.

Les résultats de notre étude confirment ces constats antérieurs. Les échantillons d'eau prélevés sur les sites de Parakou présentent des résultats non conformes sur le plan physico-chimique, notamment en ce qui concerne la couleur, la turbidité et le manganèse. De plus, au niveau bactériologique, à l'exception des échantillons provenant d'un puits à grand diamètre situé près de la station de traitement de la SONEB, les autres échantillons ne respectent pas les spécifications et paramètres de référence. Ces résultats indiquent une forte présence de germes indicateurs de pollution d'origine fécale dans les eaux utilisées.

Face à ces constats, il est impératif de mettre en place des mesures de gestion appropriées pour améliorer la qualité de l'eau utilisée dans la production maraîchère à Parakou. Il est essentiel de sensibiliser les maraîchers sur l'importance de l'utilisation d'une eau de qualité adéquate et de promouvoir des pratiques agricoles durables pour garantir la sécurité alimentaire et la santé publique.

Conclusion

La présente étude a permis de mettre en exergue quelques paramètres qui régissent la production maraîchère dans la commune de Parakou à savoir : les caractéristiques des producteurs impliqués, la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux utilisées pour l'arrosage. Le sous-secteur maraichage urbain fait face à de nombreuses contraintes à tous les niveaux de la production. Une partie des maraîchers n'est pas instruite et donc nécessite des orientations pour être alphabétisé. Par ailleurs, toutes les eaux prélevées pour l'arrosage ne sont pas de bonne qualité à l'exception d'un seul site où le puits et les caractéristiques de l'eau répondent aux normes. Il convient donc d'agir sur ces contraintes. Pour ce faire, il faut : améliorer les conditions hygiéniques de production ; mettre en place un système d'aide pour permettre aux maraîchers d'accéder à des moyens de productions performants ; former les producteurs sur les bonnes pratiques en production maraîchère ; renforcer la capacité des maraîchers pour renforcer la résilience de ces producteurs face au changement climatique ; Les informations fournies par cette étude permettent de définir et d'orienter

l'encadrement des producteurs urbain. Cependant, d'autres études plus approfondies seraient nécessaires pour améliorer d'une façon substantielle le développement de la filière « Maraichage » à Parakou.

Références bibliographiques

AHOANGNINOU, Claude., FAYOMI, Benjamin., & THIBAUT Martin, (2011). Evaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers dans la commune rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin). Cahiers Agricultures (En ligne) DOI : <https://doi.org/10.1684/agr.2011.0485>

AKOGBETO Martin, DJOUAKA Roussea, & NOUKPO Benoit (2005). Use of agricultural insecticides in Benin]. Bulletin de la Société de pathologie exotique (1990), 98(5), 400-405.

AKOTEYON Isaiah, & AROMOLARAN Adeyemi Davidson (2016). Evaluating peri-urban market gardening and shallow well quality for irrigation: A case study from Lagos, Nigeria. International Journal of Environment and Sustainable Development, 15(2), 107-128. <https://doi.org/10.1504/IJESD.2016.076360>

BECHAIRIA Somia (2022). Enquête sur les fongicides utilisés dans la région de Guelma, mode d'action, homologation et évaluation des quantités utilisées.

CHATANGA Pierre, NTULI Victor, MUGOMERI Eltony, KEKETSU Tumo, CHIKOWORE Noël (2019a). Situational analysis of physico-chemical, biochemical and microbiological quality of water along Mohokare River, Lesotho. The Egyptian Journal of Aquatic Research, 45(1), 45-51. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.12.002>

Caractéristiques des maraichers, évaluation physico-chimique et bactériologique de la qualité des eaux d'arrosage et d'irrigation des sites de production maraichères à Parakou au Nord du Bénin

CISSE Ibrahim, TANDIA Abdoul Aziz, TOURE FALL Safiétou, DIOP El Hadji Salif. (2003). Usage incontrôlé des pesticides en agriculture périurbaine : Cas de la zone des Niayes au Sénégal. *Cahiers Agricultures*, 12(3), Article 3.

DAWSON-HUGHES Bess, HARRIS Sally., & FINNERAN Stephanie. (1995). Calcium absorption on high and low calcium intakes in relation to vitamin D receptor genotype. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 80(12), 3657-3661. <https://doi.org/10.1210/jcem.80.12.8530616>

DIONGUE Momar. (2021). Etude des facteurs associés au lavage des mains, en milieu semi-urbain dakarois, au Sénégal. *Revue Africaine et Malgache de Recherche Scientifique/Sciences de la Santé*, 1(3), Article 3. <http://publication.lecames.org/index.php/sante/article/view/2300>

Farmers' knowledge, perceptions and management of vegetable pests and diseases in Botswana—ScienceDirect. (s. d.). Consulté 14 juin 2023, à l'adresse <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219408000641>

PAULO Afonso Medeiros Kanda, TRAMBAIOLLI Lucas Remoaldo., LORENA Ana Carolina FRAGA Francisco. J., LUIS Basile, RICARDO Nitrini & ANGHINAH Renato (2014). Clinician's Road Map to Wavelet EEG as an Alzheimer's disease Biomarker. *Clinical EEG and Neuroscience*, 45(2), 104-112. <https://doi.org/10.1177/1550059413486272>

KOUMOLOU Luc. (2009). Bioaccumulation comparée de métaux lourds dans quelques produits maraichers et champignons comestibles de Cotonou et d'Aplahoué (Bénin). *Mémoire de DEA, Environnement, Santé et Développement*. 141p.

Mbaye Momar., & Sambou Bienvenu (2015). Identification des impacts de la stratégie de développement agricole appliquée au Sénégal de 2008 à 2010 : perspectives d'une agriculture durable.

ALHADJ MARKHOUS Nazal, ABDELSALAM Tidjani, YASSINE Doudoua, & ABDOURAHAMANE Balla (2017). Le maraichage en milieu urbain et périurbain : Cas de la ville de N'Djamena au Tchad. *JUNCO| Journal of Universities and international development cooperation*, 1.

SILA Onesmus Nzung'a (2019). Physico-chemical and bacteriological quality of water sources in rural settings, a case study of Kenya, Africa. *Scientific African*, 2, e00018. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2018.e00018>

SOTONDI Fernand, DANNON Elie, DJIHINTO Angelo Cocou, KOBİ Douro Kpindou, ZODOME Gisldas, ADJOU Euloge & Soumanou Mohamed (2019). Enquêtes Ethnobotaniques et Caractérisation des Pratiques Endogènes de Gestion des Ravageurs sur Quelques Sites Maraichers au Sud-Bénin. *European Scientific Journal ESJ*, 15(30).

<https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n30p389>

Tiamiyou, I. (1995). Mission de consultation en phytotechnie maraichère du 30 juillet au 12 août 1995. Rapport phase, 1.

WILLIAMSON Olivier (2008). Outsourcing : Transaction cost economics and supply chain management. *Journal of supply chain management*, 44(2), 5-16. (S. d.).